

## Diodo de tubo

### REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN DIODO DE TUBO.

- Registro de las curvas características de un diodo de tubo para tres diferentes tensiones de calentamiento de cátodo.
- Identificación de las zonas de carga espacial y de saturación.
- Confirmación de la ley de *Child-Langmuir*.

UE3070100

02/17 UK

### FUNDAMENTOS GENERALES

Un diodo de tubo es un recipiente de vidrio evacuado dentro del que se encuentran dos electrodos: un cátodo caliente desde el que se desprenden los electrones, debido al efecto termoelectrónico, y un ánodo (véase Fig. 1). Si se aplica una tensión positiva entre el cátodo y el ánodo, se genera una corriente de emisión (corriente anódica) transportada hacia el ánodo por los electrones libres. Si la tensión es baja, la carga espacial de los electrones liberados impide el flujo de la corriente anódica, puesto que estos blindan el campo eléctrico que se encuentra delante del cátodo. Si la tensión anódica asciende, las líneas de campo penetran más profundamente en el espacio que se encuentra delante del cátodo y la corriente anódica aumenta. El ascenso se produce hasta que se elimina la carga espacial, de delante de cátodo, con lo que se ha alcanzado el valor de saturación de la corriente anódica. Por el contrario, los electrones no pueden llegar al ánodo cuando a éste se le aplica una tensión negativa suficientemente elevada; en este caso, la corriente anódica es igual a cero.

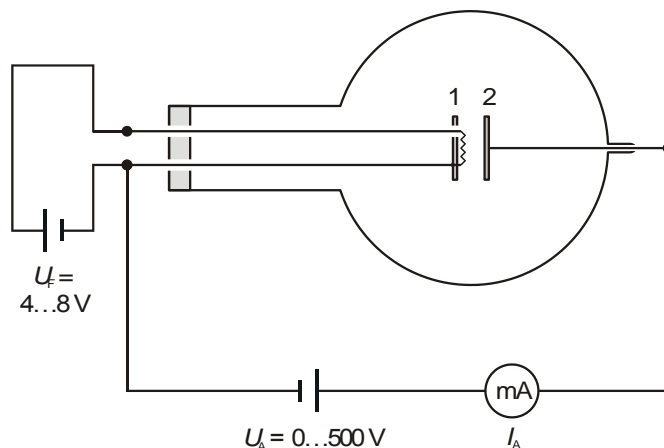


Fig. 1: Circuito (arriba) y montaje experimental (abajo) para el registro de las curvas características de un diodo de tubo con diferentes tensiones de calentamiento de cátodo.  
(1) cátodo, (2) ánodo.



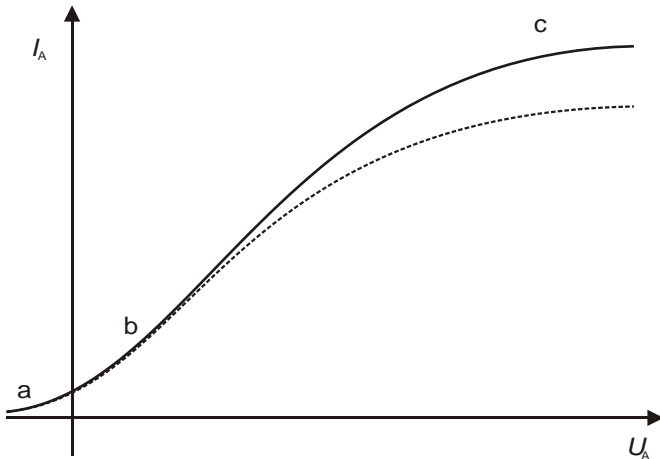


Fig. 2: Curva característica de un diodo de tubo. (a) Zona de corriente inicial, (b) zona de carga espacial, (c) zona de saturación

La dependencia entre la corriente anódica  $I_A$  y la tensión anódica  $U_A$  se denomina curva característica del diodo de tubo (ver fig. 2). Se distingue las zonas de tensión contraria, de corriente inicial, de carga espacial y de saturación.

En la zona de tensión contraria, en relación con el cátodo, el ánodo presenta un potencial negativo. Los electrones no pueden avanzar hacia el campo eléctrico por lo que no fluye ninguna corriente anódica.

En el zona de corriente inicial, la tensión anódica es negativa, pero con un valor menor que 1 V. Algunos electrones rápidos pueden llegar al ánodo a pesar de la oposición de la tensión contraria. Fluye entonces una corriente anódica  $I_A$ , cuya dependencia de la tensión anódica  $U_A$  se puede representar como una función exponencial.

En la zona de carga espacial, la tensión anódica es positiva y está claramente por debajo de los 100 V. La dependencia de la corriente anódica  $I_A$  de la tensión anódica  $U_A$  está descrita por la Ley de Child-Langmuir:

$$I_A \sim U_A^{\frac{3}{2}} \text{ ó } I_A^{\frac{2}{3}} \sim U_A \tag{1}$$

En la zona de saturación, la corriente anódica depende de la temperatura del cátodo. Ésta puede subir debido a una elevación de la tensión de calentamiento  $U_F$ .

**LISTA DE EQUIPOS**

|  |                      |
|--|----------------------|
| 1 Diodo S                                  | 1000613 (U185501)    |
| 1 Soporte para tubos S                     | 1014525 (U185001)    |
| 1 Fuente de alimentación CC 0–500 V @230 V | 1003308 (U33000-230) |
| ó  |                      |
| 1 Fuente de alimentación CC 0–500 V @115 V | 1003308 (U33000-115) |
| 1 Multímetro analógico Escuela 100         | 1013527 (U8557380)   |
| 1 Juego de 15 cables de seguridad          | 1002843 (U138021)    |

**AVISO DE SEGURIDAD**

Los tubos termoiónicos son bombillas evacuadas de paredes finas. ¡Se deben manipular con cuidado: peligro de implosión!

- No se debe someter el diodo a cargas mecánicas.
- El cable de conexión del ánodo no se debe someter a cargas de tracción.

Durante el funcionamiento del diodo con el equipo de alimentación de corriente continua de 500 V DC, pueden aparecer tensiones de contacto peligrosas en el campo de conexión.

- Para las conexiones sólo se deben utilizar cables experimentales de seguridad.
- Efectuar las conexiones sólo con la fuente de alimentación apagada.
- Montar y desmontar el diodo solamente cuando la fuente de alimentación esté apagada.

Durante el funcionamiento, se calienta el cuello del tubo.

- Antes de desmontar el diodo, permita que se enfríe.

**MONTAJE**

Nota: ¡Apagar la fuente de alimentación de 500 V DC (ajustar en “0” el interruptor basculante), girar todos los botones de regulación al tope izquierdo y encender la fuente de alimentación únicamente después de terminar con el cableado!

**Montaje del diodo:**

- Insertar el diodo en el soporte para tubos. Observe que las clavijas de contacto del tubo encajen perfectamente en las aperturas de contacto del soporte. La clavija guía que está en el medio debe sobresalir un poco en la parte posterior del soporte.

**Conexión de la tensión de calentamiento:**

- Conectar las clavijas F3 y F4 del soporte para tubos por medio de los cables de experimentación de seguridad con la salida de tensión de calentamiento 4-8 V de la fuente de alimentación de 500 V DC.

**Tensión de aceleración / corriente anódica:**

- Conectar la clavija C5 del soporte para tubos, por medio de los cables de seguridad para experimentación, con el polo negativo (clavija negra) de la salida 0-500 V de la fuente de alimentación de 500 V DC. (Los conectores C5 y F4 están conectados entre en el interior del tubo)
- Conectar el polo positivo (clavija roja), por medio de los cables de seguridad para experimentación, con la entrada positiva del amperímetro de DC.
- Conectar el cable del ánodo (cable rojo de la bombilla del diodo) con la salida negativa del amperímetro DC.

**EJECUCIÓN**

- Conectar la fuente de alimentación de 500 V DC a la red y encenderla (llevar el interruptor basculante a “I”).
- Ajustar la tensión de calentamiento  $U_F = 6$  V y esperar aprox. 1 min, hasta alcanzar la temperatura final.
- Empezando con una tensión anódica  $U_A$  de 0 V seguir en pasos de 20 V hasta 100 V y, a continuación, seguir elevando en pasos de 50 V hasta llegar a 450 V midiendo la corriente anódica  $I_A$  en cada caso.
- Anotar también las series de mediciones de  $U_F = 6,3$  V y 6,6 V.
- Registrar los puntos de medición de las tres series en un diagrama  $I_A-U_A$  común.

### EJEMPLO DE MEDICIÓN

Tab. 1: corriente anódica  $I_A$  en función de la tensión anódica  $U_A$  para tres tensiones diferentes de calentamiento  $U_F$

|                  | $U_F = 6,0 \text{ V}$ | $U_F = 6,3 \text{ V}$ | $U_F = 6,6 \text{ V}$ |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $U_A / \text{V}$ | $I_A / \text{mA}$     | $I_A / \text{mA}$     | $I_A / \text{mA}$     |
| 0                | 0,04                  | 0,06                  | 0,08                  |
| 20               | 0,55                  | 0,59                  | 0,71                  |
| 40               | 1,28                  | 1,42                  | 1,59                  |
| 60               | 1,62                  | 2,18                  | 2,54                  |
| 80               | 1,79                  | 2,50                  | 3,41                  |
| 100              | 1,80                  | 2,61                  | 3,95                  |
| 150              | 1,85                  | 2,75                  | 4,58                  |
| 200              | 1,90                  | 2,79                  | 4,70                  |
| 250              | 1,90                  | 2,82                  | 4,78                  |
| 300              | 1,94                  | 2,88                  | 4,82                  |
| 350              | 1,97                  | 2,90                  | 4,86                  |
| 400              | 1,98                  | 2,95                  | 4,90                  |
| 450              | 1,98                  | 2,97                  | 4,98                  |

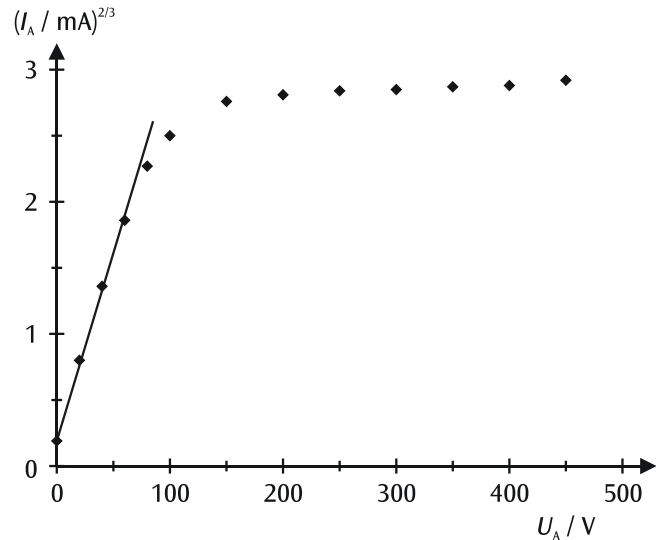


Fig. 4: Representación  $I_A^{2/3}$  en función de  $U_A$  para  $U_F = 6,6 \text{ V}$ . En concordancia con la ley de Child-Langmuir, la curva en la zona de carga espacial es lineal.

La Fig. 3 muestra los valores de medición de la Tab. 1 en representación gráfica. Las zonas de carga espacial y de saturación se reconocen claramente. La corriente de saturación aumenta con la elevación de la tensión de calentamiento  $U_F$ .

Las corrientes medidas  $I_A$  con la tensión de calentamiento

$U_F = 6,6 \text{ V}$  se convierten a los valores  $I_A^{2/3}$  en la Fig. 4. En concordancia con la ley de Child-Langmuir, la dependencia de la tensión anódica  $U_A$ , hasta tensiones de 50 V, es lineal.

### EVALUACIÓN

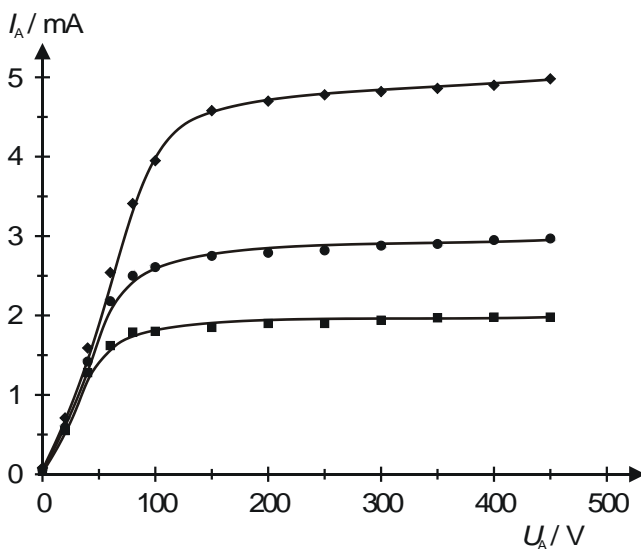


Fig. 3: Curvas características del diodo de tubo con tensiones de calentamiento  $U_F = 6,0 \text{ V}$  (rectángulos),  $6,3 \text{ V}$  (círculos) y  $6,6 \text{ V}$  (rombos).

### RESULTADO

Zonas de tensión contraria y de corriente inicial: Puesto que del cátodo se desprenden electrones con una energía cinética  $E_{kin} > 0$ , fluye una corriente anódica hasta que la tensión anódica negativa se vuelve tan grande, que aún los electrones más veloces no logran llegar al ánodo.

Zona de carga espacial: Con pequeñas intensidades de campo no pueden avanzar todos los electrones que se desprenden del cátodo incandescente. Estos rodean al cátodo después de su salida como una nube y forman una carga espacial negativa. Por tanto, con tensiones pequeñas, las líneas de campo que parten del ánodo terminan en los electrones de la carga espacial, y no en el cátodo en sí. Por consiguiente, el campo que procede del ánodo se encuentra blindado. Sólo si la tensión crece las líneas de campo se introducen más profundamente en el campo que se encuentra alrededor del cátodo, y la corriente anódica aumenta. El ascenso de corriente se produce hasta que la carga espacial que se encuentra alrededor del cátodo desaparece. Entonces se ha logrado el valor de saturación de la corriente anódica.

Zona de saturación: En la zona de saturación, la corriente emitida es independiente de la tensión anódica. Pero ésta se puede elevar, si aumenta el número de electrones por unidad de tiempo que salen del cátodo. Esto puede suceder como resultado de una elevación de la temperatura del cátodo. El valor de la corriente saturada es, por tanto, dependiente de la tensión de calentamiento.